演習林（東大）, 53, 1-7 (2013)

東京大学田無演習林における
樹高成長が異なるスギ植栽地の土壌

丹下　健[*1]・染谷　恵[*1,*2]

Soil properties of *Cryptomeria japonica* plantations with different height growth courses at the Experimental Station at Tanashi, The University of Tokyo

Takeshi TANGE and Megumi SOMEYA

はじめに

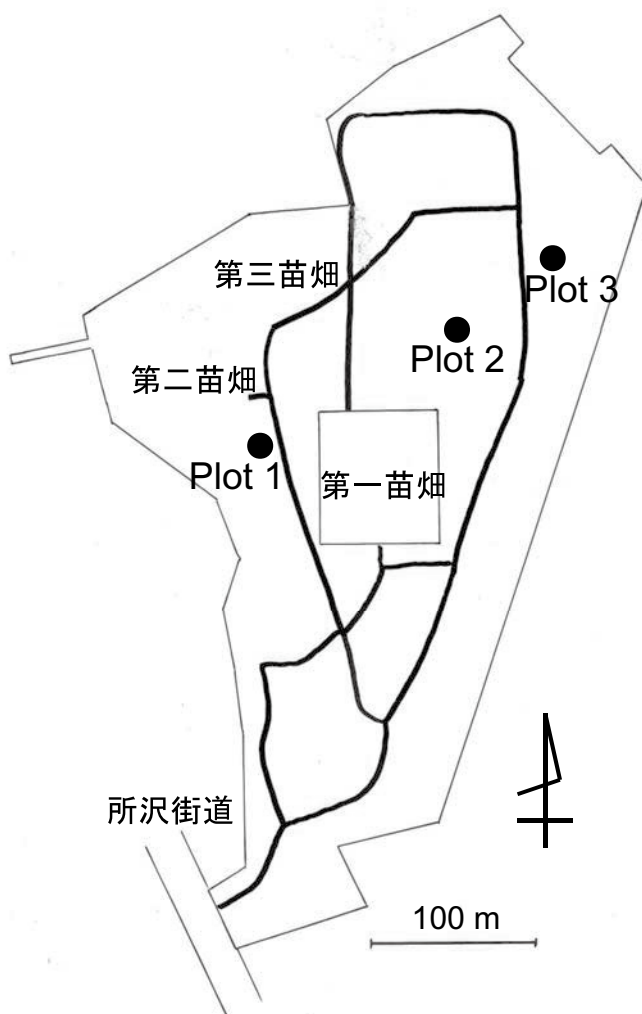
樹木の樹高成長速度は，一般に加齢に伴って低減していく。その理由として，樹高が高くなることに伴う通水抵抗と重力ポテンシャルの増大による水ストレスの増大があげられている（Ryan & Yoder 1997）。樹木がどこまで高くなれるかは，樹種によって異なるだけではなく，立地条件によっても大きな違いが見られる。気温や降水量に違いがないと推定される隣接した林地でも，尾根と谷という地形条件によってスギやヒノキの樹高が異なることは一般に知られている。尾根に比べて谷では，地形に沿った水や養分の移動を反映して湿潤で富栄養な土壌が，母材の堆積様式を反映して通気性や透水性に関わる物理性の優れた土壌が分布する傾向にある。真下（1965）は，深さ50cmまでの土壌の透水性の良否とスギやヒノキの地位指数に相関があることを明らかにした。また，土層が薄い場所に植栽されたスギは，樹高が低い時点から年樹高成長量が小さくなることも報告されている（中村 1948，真下 1965，丹下 1995）。スギは深根性樹種であり，土壌条件がよい場所に生育する高齢木の根は深さ2.5 ～ 3 mに達することが報告されている（苅住 1979）。根系発達に関わる土壌の特性が，スギ成木の樹高成長の規定要因となり，到達可能な樹高の高低を規定する要因となるものと推定される。

東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林田無演習林は武蔵野台地にあり，関東ローム層を母材とする黒色土が分布している。田無演習林内に植栽されているスギについて，樹高が20m前後とほぼ等しいにもかかわらず，最近の年樹高成長量が大きく異なる林分があることが報告されている（染谷 2010，倉持 2011）。樹高成長が低減し始める樹高が異なることは，それぞれの植栽地で，到達可能な樹高が異なることを示唆している。田無演習林の地形はほぼ平坦であり，各植栽地間での水や養分の移動は大きくないものと想定される。そこで，それぞれの植栽地で樹高成長に違いが生じる原因は，根系発達可能な土層の厚さの違いであるという仮説を設け，それぞれの植栽地で土壌と細根分布を調べた。

＊1 東京大学大学院農学生命科学研究科森林科学専攻
The Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo
＊2 現勤務先：郵便事業株式会社
Present address: Japan Post Service Co., Ltd.

現地調査を行うにあたり，田無演習林の教職員の方々から多大なご配慮を頂いた。ここに記して感謝申し上げる。

調査林分

調査林分は，田無演習林のスギ植栽地３カ所である。調査林分の位置を図－１に，染谷（2010）と倉持（2011）が調べた植栽木の2010年８月時点での樹高と最近の年樹高成長量を図－２に示した。いずれの林分の植栽木も樹高が20m程度であるが，最近の年樹高成長量は，Plot １（５小班，2010年時点の林齢：74年生），Plot ２（24小班，49年生），Plot ３（14小班，21年生）の順に小さく，特にPlot １の年樹高成長量は10～20cm／年程度と非常に小さい。Plot ３では，スギ苗の植栽時に客土が行われている。

図－１．調査林分の位置

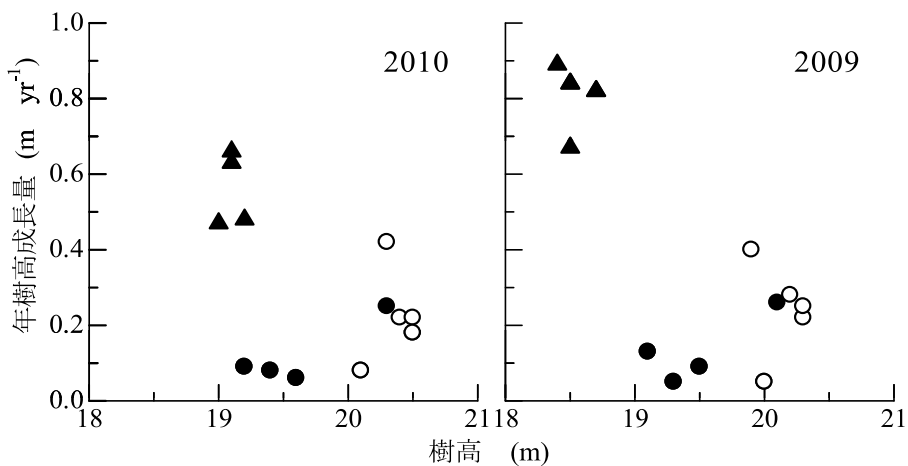
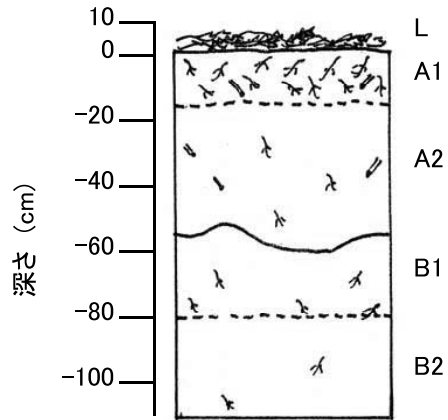
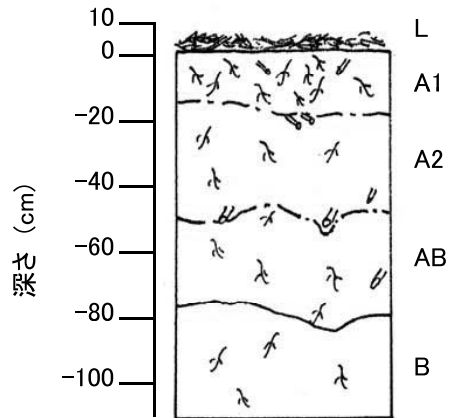
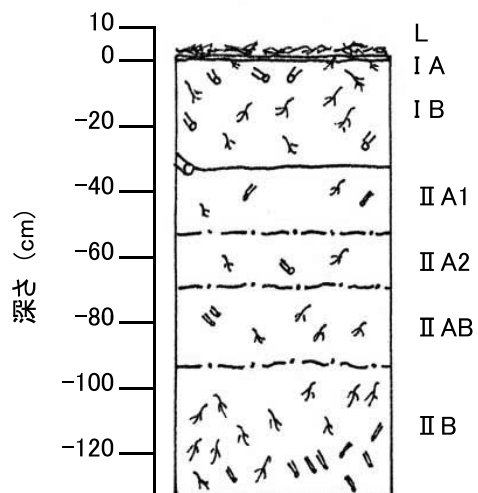
方　法

平成23年8月9 ～10日にかけて，各林分内に1カ所の試孔を掘り，層位区分したのち，各層位について土色，構造，水湿状態，緻密度（山中式土壌硬度計の読み取り値），根量，菌根・菌糸量を調べた（日本ペドロジー学会 1997）。試孔と最も近い植栽木との距離は，1m程度とした。

各土壌断面について，深さ0 ～ 5，10～15，25～30cm，以降20cm間隔でもうけた採取深で，容積100mlの採土円筒を用いて不撹乱の土壌試料を5点ずつ採取した。各試料は，根を取り分けた後，土壌を100℃で72時間以上乾燥させた後，乾燥重量を電子天秤で測定した。根は，径2mm以下の細根と2 ～ 5mmの中根に分け，水洗した後，80℃で72時間以上乾燥させた後，秤量した。土壌の乾燥重量を容積（100ml）で除して容積重を算出した。

各林分で3点ずつ，土壌貫入計（大起理化工業）を用いて土壌の貫入抵抗を測定した。土壌貫入計の貫入コーンの最大径は20mm，先端角は25°，落錘の重量は1.18kg，落錘の落下高は21cmである。貫入コーンが4cm貫入するのに必要な落錘による打ち込み数(Nc)を貫入抵抗値とした。Plot 1と3では2009年10月23日に，Plot 2では2011年8月26日に，それぞれ測定を行った。

結　果

土壌断面の写真及び模式図を図－3に，土壌断面形態の特徴を表－1に示した。Plot 1とPlot 2は，いずれも適潤性黒色土であったが，Plot 3では，厚さ30cm程度のB層土壌を用いた客土が行われており，表層に厚さ0.5cm程度のA層が発達した未熟土であった。いずれの土壌でも，礫は認められなかった。Plot 3の埋没層のA層とAB層を合わせた厚さは60cm程度あり，他の調

図－2．調査林分の植栽木の樹高と最近の年樹高成長量
●：Plot 1，○：Plot 2，▲：Plot 3
染谷（2010）と倉持（2011）の掲載データを一部使用した。

図－３．土壌断面形態
　土壌層位の推移状態は，実線が明瞭を，一点鎖線が判然を，点線が漸変をそれぞれ表す。

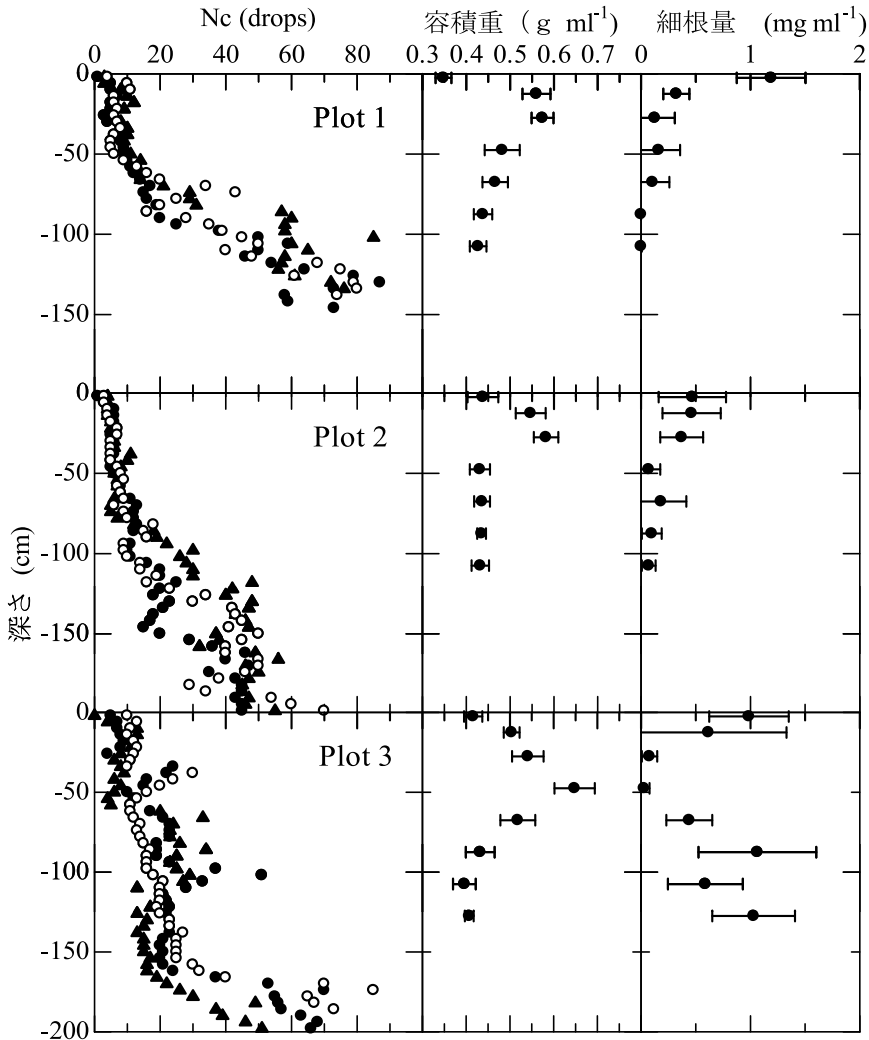
表－１．調査地点の土壌断面形態

調査地点	層位	深さ(cm)	土性	土色	乾湿	構造	緻密度	根 F	根 M	根 C	菌根・菌糸
Plot 1	L	5～0									F
調査日：	F	+									
2011/8/8	A1	0～10	L	7.5YR2/2	W	Cr(M),SB(M)	14.7±2.3	C	N	N	－
土壌型：	A2	10～55	L	7.5YR2/2	M	SB(W)	14.6±1.5	V	N	N	－
適潤性黒色土	B1	55～80	L	7.5YR4/4	M	－	22.6±1.1	N	N	N	－
	B2	80～110+	L	7.5YR4/4	M	－	20.0±1.8	N	N	N	－
Plot 2	L	5～0									F
調査日：	F	+									
2011/8/8	A1	0～18	L	7.5YR2/2	W	Cr(M),SB(M)	8.7±1.9	F	V	N	V
土壌型：	A2	18～50	L	7.5YR2/2	M	SB(W)	16.3±1.8	V	V	N	－
適潤性黒色土	AB	50～75	L	7.5YR3/4	M	SB(W)	17.4±1.6	V	N	N	－
	B	75～110+	L	7.5YR4/4	M	－	20.2±1.8	V	N	N	－
Plot 3	L	3～0									C
調査日：	F	+									
2011/8/9	IA	0～0.5	L	7.5YR2/2	W	Cr(S)	―	C	F	N	－
土壌型：	IB	0.5～32	L	7.5YR4/4	M	SB(W)	15.4±1.6	F	F	F	－
未熟土	IIA1	32～52	L	7.5YR2/3	M	－	22.5±2.1	V	V	N	－
	IIA2	52～68	L	7.5YR2/2	M	－	20.8±1.7	V	V	N	－
	IIAB	68～91	L	7.5YR3/3	M	－	20.4±2.7	F	V	V	－
	IIB	91～130+	L	7.5YR4/4	M	－	21.5±2.8	F	V	V	－

土性：L 壌土
乾湿：M 潤、W 湿
構造：Cr 団粒状、SB 亜角塊状、－ 壁状(無構造)
括弧内は発達強度 W：弱度、M:中度、S 強度
緻密度：山中式土壌硬度計の読み取り値（10箇所での測定値の平均±標準偏差）
根：太さ F ～2 mm、M 2～5 mm、C 5 mm～
量 細根（F） N ～1本/100 cm^2、V 1～20本/100 cm^2、F 20～50本/100 cm^2、C 50～200本/100 cm^2
中根（M）・大根（C） N ～1本/100 cm^2、V 1～2本/100 cm^2、F 2～5本/100 cm^2
菌根・菌糸：V 乏し、F あり、 C 富む

査林分のA層厚とAB層を合わせた厚さと同程度であった。土壌構造は，最表層で団粒状構造が，A層上～中部で亜角塊状構造が認められた。緻密度は，Plot 1とPlot 2では，A層とAB層で山中式土壌硬度計の読み取り値で20mm未満，B層で20mm以上であった。Plot 3では，客土層が15.4mmと小さく，埋没層はいずれの層位も20mm以上であった。

土壌貫入計を用いて測定した貫入抵抗の垂直的変化を図－４に示した。土壌の貫入抵抗と根の伸長阻害との関係については，長谷川式土壌貫入計で調べられている（小林ほか 2005)。長谷川式土壌貫入計は，本研究で使用した土壌貫入計と貫入コーンの最大径が同じ20mmで先端角が60°と大きく，落錘による貫入エネルギーが約４倍である。長谷川式土壌貫入計での１回の落錘の落下での貫入量が1.0～1.5cmの場合が山中式土壌硬度計の読み取り値20～24mmに相当し「根系発達が阻害される樹種がある」，0.7～1.0cmの場合が24～27mmに相当し「根系発達が阻害される」，0.7cm以下の場合が27mm以上に相当し「多くの根の進入が困難」，とされている。土壌貫入計での測定値と山中式土壌硬度計での測定値には相関があることが報告されているが（増田ほか 1983)，その相関関係は土壌母材によって異なり，関東ローム層を母材とする土壌の方が花崗岩を母材とする土壌よりも同じ土壌貫入量の時の山中式土壌硬度計の読み取り値が大きいことが報告されている（ダイトウテクノグリーン株式会社：長谷川式土壌貫入計取扱説明書)。本研究

で使用した土壌貫入計の貫入エネルギーが長谷川式土壌貫入計の約１/４であることから，根の進入が困難なNc値を30（１回の落錘の落下での貫入量：0.13cm）と仮定した。各調査林分の３箇所の測定地点で20cm以上連続して30を超えるようになった深さの平均値±標準偏差は，Plot １では93±７cm，Plot ２では133±20cm，Plot ３では169±８cmであり（図－４），最近の年樹高成長量が小さいほど浅い傾向が認められた。細土容積重と細根量やNc値との関係は明瞭ではなかった。構造の発達の程度などが孔隙組成に影響している可能性が考えられる。

図－４．土壌断面における土壌貫入抵抗（Nc）と細根量の変化
Ncの異なるシンボルは，それぞれの調査林分内の異なる場所での測定値であることを示す。
細土容積重と細根量のシンボルは平均値を，誤差棒は標準偏差を表す。
Plot 1と3の土壌貫入抵抗（Nc）のデータは，染谷（2010）に掲載されているものと同じである。

細根の分布（表－１，図－４）は，Plot　1では最表層に多く，深くなるにしたがって急激に減少した。土壌貫入計でのNc値が30以上となるPlot　1の90cm以深の土壌で細根が少なかった。Plot　2では，表層から下層にかけての細根量の減少は緩やかであった。Plot　3では，客土層に細根が多く，埋没層のⅡＡ１層とⅡＡ２層で少なく，その下層で再び多くなるという垂直的な変化を示した。細根が非常に少ない埋没土層のA層では，緻密度が22.5mmと非常に大きく，土壌貫入計でのNc値が30に達する場合も見られた。

場所によって樹高成長の低減が起きる樹高に違いが生じる原因は，根系発達可能な土層の厚さの違いであるという仮説を設けて調査を行い，最近の年樹高成長量が小さい林分ほど，根の進入が困難な土層が浅い深さにある傾向があり，細根の分布も浅い土層に集中することが明らかになった。

引用文献

苅住昇（1979）樹木根系図説．誠文堂新光社．東京．1121pp.

小林達明・高橋輝昌・吉田寛(2005)植物と土壌の評価法.(日本緑化工学会編：環境緑化の事典).朝倉書店．東京．401-409.

倉持佳弘（2011）スギ成木の光合成速度と葉肉CO_2拡散抵抗．東京大学農学部卒業論文．33pp.

真下育久（1960）森林土壌の理学的性質とスギ・ヒノキの成長に関する研究．林野土壌調査報告11．1-182.

増田拓朗・藤原賢一・吉田重幸（1983）ケヤキの生育に及ぼす土壌物理性の影響．香川大学農学部学術報告 34．157-162.

中村得太郎（1943）千葉演習林におけるスギ植栽木の生長過程と土壌の形態学的性質との関係.東京大学農学部演習林報告3:1-70.

日本ペドロジー学会（編）（1997）土壌調査ハンドブック　改訂版．博友社．東京．169pp.

Ryan, M.G. & Yoder, B.J.（1997）Hydraulic limits to tree height and tree growth. Bioscience 47. 235-242.

染谷恵（2010）樹高成長の異なるスギ成木の光合成特性．東京大学農学部卒業論文．38pp.

丹下健（1995）スギ造林木の成長に関する生態生理学的研究．東京大学農学部演習林報告93. 1-139.